

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. Dezember 2001 (13.12.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/95476 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H02P 9/30, 9/04**

[DE/DE]; Hofwiesenstrasse 22, 75446 Wiemsheim (DE).  
**REUTLINGER, Kurt** [DE/DE]; Hegelstrasse 38A, 70174  
Stuttgart (DE). **PUSHKOLLI, Beqir** [DE/DE]; Sudeten-  
ring 81, 71642 Ludwigsburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/01764

(22) Internationales Anmeldedatum:  
9. Mai 2001 (09.05.2001)

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
100 27 859.0 6. Juni 2000 (06.06.2000) DE

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

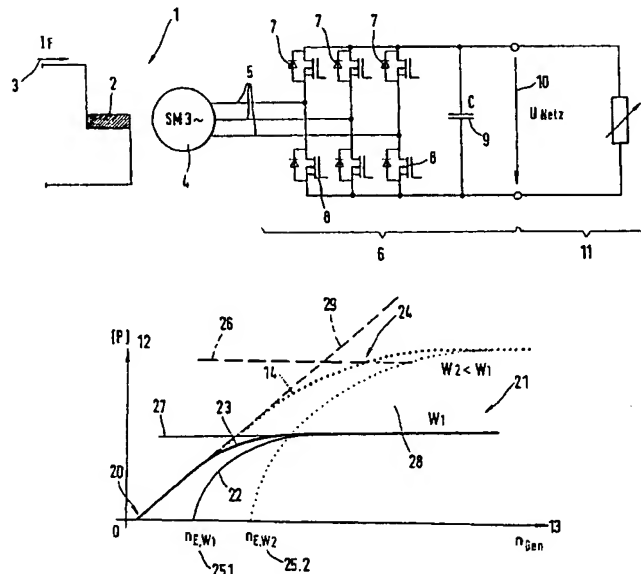
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **KOELLE, Gerhard**

(54) Title: METHOD FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF AN ELECTRICAL MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR WIRKUNGSGRADSTEIGERUNG EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an electrical machine (1), which is provided for generating electrical power (12) and which contains an excitation winding (2) and a stator winding (4). A converter configuration (6), e.g. a pulse-controlled inverter, is connected in outgoing circuit to the electrical machine (1). In the lower rpm range, the output of electrical power (12) ensues along the moment lines (29) independent of the number of turns  $w_1$ ,  $w_2$  of a stator winding (4). In the upper rpm range, the output of electrical power (12) ensues via a stator winding (4) with a low number of turns  $w_2$ .

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/95476 A1



---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine (1) zur Erzeugung elektrischer Leistung (12), eine Erregerwicklung (2) sowie eine Ständerwicklung (4) enthaltend. Der elektrischen Maschine (1) ist eine Umrichteranordnung (6) nachgeordnet, beispielsweise ein Puls-Wechsel-Richter. Im unteren Drehzahlbereich erfolgt die Abgabe elektrischer Leistung (12) entlang der Momentengeraden (29) unabhängig von der Windungsanzahl  $w_1$ , ( $w_2$ ) einer Ständerwicklung (4). Im oberen Drehzahlbereich erfolgt die Abgabe elektrischer Leistung (12) über eine Ständerwicklung (4) mit niedriger Windungsdrehzahl ( $w_2$ ).

## Verfahren zur Wirkungsgradsteigerung einer elektrischen Maschine

5

### Technisches Gebiet

Bei der Entwicklung von Kraftfahrzeugen mit niedrigerem Kraftstoffverbrauch ist das Augenmerk zunehmend auf den Anteil am Kraftstoffverbrauch gerichtet, den die elektrischen Komponenten in Kraftfahrzeugen verursachen. Für die Erzeugung von 100 W elektrischer Leistung wird von einem Mehrverbrauch in der Größenordnung von 0,1 bis 0,15 l Kraftstoff pro 100 km Fahrstrecke ausgegangen. Daraus ergibt sich die Anforderung an im Kraftfahrzeug eingesetzte elektrische Maschinen, wie beispielsweise einen Generator, zur Abgabe elektrischer Leistung mit optimalem Wirkungsgrad auszustatten.

### Stand der Technik

Die Erzeugung elektrischer Leistung in Kraftfahrzeugen erfolgt heute üblicherweise durch Klauenpolgeneratoren. Diese Drehstrommaschinen sind mit dem Bordnetz, welches ein Gleichspannungsnetz ist, über eine passive Diodengleichrichterbrücke verbunden. Die Generatoren zur Erzeugung der elektrischen Energie in Kraftfahrzeugen sind so dimensioniert, daß sie bei Motorleerlauf bereits die zur Versorgung der elektrischen Komponenten benötigte elektrische Leistung liefern können.

Um die zu erwartende Steigerung der Anforderung an die Bereitstellung von elektrischer Leistung in Kraftfahrzeugen auch in Zukunft erfüllen zu können, können Drehstromgeneratoren, wie beispielsweise ein Klauenpolgenerator, mit Puls-Wechsel-Richtern ausgestattet werden. Durch diese Baukomponente läßt sich die Leistung des Drehstromgenerators, insbesondere in dessen unterem Drehzahlbereich, erheblich steigern.

Die Drehstromgeneratoren werden heute üblicherweise so dimensioniert, daß sie zusammen mit den Diodengleichrichtern unterhalb der Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine bereits mit der Abgabe elektrischer Leistung  
5 beginnen. Die Drehzahl, bei der der Generator eine Klemmenspannung von 14 V bei voller Erregung erreicht, liegt in der Größenordnung von 1000 bis 1200  $\text{min}^{-1}$ . Die Abgabeleistung erreicht im Leerlauf (etwa 1800  $\text{min}^{-1}$  Generatordrehzahl) einen Tangentenpunkt der Leistungskurve. In diesem Betriebspunkt des Drehstromgenerators erreicht die Abgabe der elektrischen Leistung ca. 60 bis  
10 70% ihres Maximalwertes. Der erwähnte Tangentenpunkt wird üblicherweise in den Motorleerlauf der Verbrennungskraftmaschine gelegt. Im Tangentenpunkt hat die elektrische Maschine ihren besten Wirkungsgrad.

Der Maximalwert, der sich einstellenden Abgabe elektrischer Leistung wird bei  
15 einer Generatordrehzahl von etwa 6000  $\text{min}^{-1}$  erreicht und steigt bei höheren Drehzahlen praktisch kaum mehr an.

Zwar ergibt diese Dimensionierung einer im Generatorbetrieb arbeitenden elektrischen Maschine einen sehr guten Kompromiß aus Baugröße und der  
20 Forderung nach vollständiger Abdeckung der elektrischen Leistung bereits im Leerlauf der Verbrennungskraftmaschine in Kraftfahrzeugen, aber zur Abgabe maximaler elektrischer Leistung arbeitet die elektrische Maschine in einem sehr hohen Drehzahlbereich, nahe an ihrem Kurzschlußpunkt. Dadurch sind die sich einstellenden Ständerkupferverluste beträchtlich.

25

#### Darstellung der Erfindung

Der Betrieb eines elektrischen Generators mit zugeordnetem Puls-Wechsel-  
30 Richter gestattet es, die Ständerwindungszahl am Ständer des Generators nach anderen Auslegungskriterien auszulegen als der Einsetzdrehzahl des Generators, an der die Abgabe elektrischer Leistung einsetzt. Mittels des der elektrischen

Maschine zugeordneten Puls-Wechsel-Richters läßt sich im unteren Drehzahlbereich die Leistungsabgabe der elektrischen Maschine entlang der Momentengerade führen, unabhängig von der Windungszahl in der Ständerwicklung des Generators. Durch den Betriebsmodus der elektrischen Maschine mit nachgeordnetem Puls-Wechsel-Richter läßt sich die Einsetzdrehzahl, bei der die elektrische Maschine elektrische Leistung abgibt, so weit absenken, daß bereits im Leerlaufbetrieb einer Verbrennungskraftmaschine genügend elektrische Leistung abgegeben werden kann. Auch bei kleinen Drehzahlen der Verbrennungskraftmaschine steht durch den Betrieb der elektrischen Maschine mit Puls-Wechsel-Richter bereits dann genügend elektrische Leistung zur Verfügung. Man ist nicht mehr daran gebunden, daß die Klemmenspannung der Maschine die Netzspannung überschreitet.

Wird der Puls-Wechsel-Richter mit einer elektrischen Maschine betrieben, deren Ständerwicklung eine geringere Windungsanzahl aufweist, lassen sich im oberen Drehzahlbereich die nachfolgend aufgeführten Vorteile erzielen:

Einerseits läßt sich im oberen Drehzahlbereich entweder die Leistung der elektrischen Maschine steigern oder deren Wirkungsgrad signifikant erhöhen. Bei elektrischen Maschinen mit kleiner Windungsanzahl läßt sich, verglichen mit elektrischen Maschinen mit größerer Windungsanzahl – bei gleicher elektrischer Leistung – bei der elektrischen Maschine mit einer geringeren Ständerwindungszahl eine niedrigere Nutendurchflutung erzielen. Unter Annahme eines Nutzenfüllungsgrades, der bei der elektrischen Maschine mit höherer Windungsanzahl und bei der elektrischen Maschine mit geringerer Windungsanzahl gleich ist, stellen sich bei den elektrischen Maschinen mit geringerer Windungsanzahl deutlich geringere Verluste im Wicklungskupfer ein. Ferner lassen sich ebenfalls die im Eisen einstellenden Verluste, die durch die Nutendurchflutung verursacht werden, verringern (Oberwellenverluste). Die Maschinenwicklung der elektrischen Maschine läßt sich somit auf minimale Gesamtverluste in einem Fahrzyklus dimensionieren.

Mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung, eine elektrische Maschine mit kleiner Windungsanzahl mit einem Puls-Wechsel-Richter zu betreiben, läßt sich die Leistungsfähigkeit dieser elektrischen Maschinen im oberen Drehzahlbereich voll ausschöpfen. Damit steht eine Leistungsreserve hinsichtlich der  
5 Bereitstellung elektrischer Leistung zur Verfügung.

### Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

10

Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Konfiguration einer elektrischen Maschine mit nachgeordnetem Puls-Wechsel-Richter.

15

Fig. 2 die Regelbereiche der elektrischen Maschine, begrenzt durch Verlauf von Leistungsgrenze, Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  sowie Spannungsgrenze und

Fig. 3 die Verläufe der Leistungskurven für elektrische Maschinen mit  
20 unterschiedlicher Windungsanzahl, aufgetragen über der Drehzahl.

### Ausführungsvarianten

Fig. 1 zeigt in schematischer Konfiguration eine elektrische Maschine mit  
25 nachgeordnetem Puls-Wechsel-Richter.

Eine elektrische Maschine 1 umfaßt eine Erregerwicklung 2, in der ein Erregerstrom 3 fließt, auch mit  $i_F$  bezeichnet. Ferner eine Ständerwicklung 4, die – je nach Auslegung der elektrischen Maschine 1 – mehr oder weniger  
30 Wicklungswindungen  $w_1$  oder  $w_2$  aufweisen kann. Die Ständerwicklung 4 der im Generatorbetrieb betreibbaren elektrischen Maschine 1 ist über ihre Klemmenanschlüsse 5 mit einer Umrichterbrücke 6 verbunden. Die

Umrichterbrücke 6 – ausgelegt als ein Puls-Wechsel-Richter – enthält eine Anzahl Schalter, die hier als Feldeffekttransistoren mit Rückwärtsdioden dargestellt sind, 7, 8 sowie einen Kondensator 9. Über den Puls-Wechsel-Richter 6 kann die Spannungsdifferenz zwischen den Maschinenklemmen 5 und der Spannung  $u_{\text{netz}}$  im Bordnetz eines Kraftfahrzeuges ausgeglichen werden. Die Last 11, die die elektrischen Verbraucher des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges darstellen, ist über einen verstellbaren ohmschen Widerstand angedeutet.

Fig.2 zeigt die Regelbereiche einer elektrischen Maschine 1, die jeweils durch den Verlauf von Leistungsgrenze, Spannungsgrenze sowie den Verlauf des Leistungsfaktors  $\cos \varphi$  begrenzt sind.

Der mit I bezeichnete Regelbereich einer elektrischen Maschine 1 wird einerseits durch die Spannungsgrenze 16 sowie andererseits durch einen Abschnitt der Momentengeraden 29 bestimmt. In diesem Regelbereich erreicht die Klemmenspannung der elektrischen Maschine 1 noch nicht die maximal mögliche Ausgangsspannung des Umrichters 6. Der maximale Wirkungsgrad der Maschine wird erreicht, wenn im Ständer 4 bei konstanter Leistungabgabe der minimale Strom fließt. Wird die magnetische Einachsigkeit eines Klauenpolgenerators zunächst vernachlässigt, ist dies dann erreicht, wenn in der Ständerwicklung ein reiner Querstrom fließt und der Längsstrom zu null wird. Im Regelbereich I ist der Umrichter 6 noch nicht an seiner Spannungsgrenze angelangt und er kann den gewünschten Ständerstrom einstellen. Der Erregerstrom 3 wird auf seinen maximalen Wert eingestellt, so daß für die geforderte Leistung ein Minimum an Ständerstrom in der Ständerwicklung erforderlich ist. Die Verluste in der Ständerwicklung 4 überschreiten bei weitem die Erregerverluste, so daß es günstig ist, den Erregerstrom 3 auf den Maximalwert zu steigern und den Ständerstrom zu minimieren, um den Wirkungsgrad zu optimieren. Das maximale Drehmoment der elektrischen Maschine 1 ist durch den maximalen Ständerstrom beschränkt, die abgegebene elektrische Leistung 12 der elektrischen Maschine 1 nimmt linear mit der Drehzahl 13 zu.

Der in Figur 2 dargestellte Regelbereich II einer elektrischen Maschine wird nach oben durch den Verlauf der Leistungsgrenze und nach unten durch den Verlauf des Leistungsfaktors  $\cos \varphi$ , Bezugszeichen 15, begrenzt. Der Regelbereich II entspricht dem Feldschwächbereich und wird erreicht, wenn die Maschinenspannung der elektrischen Maschine 1 die Deckenspannung des Umrichters 6 erreicht hat. Der Umrichter 6 kann die Spannung dann nicht mehr weiter steigern. Durch einen sich einstellenden Längsstrom in der elektrischen Maschine 1 wird ein Feldschwächbereich realisiert. Der Erregerstrom  $i_F$  in der Erregerentwicklung 2 der elektrischen Maschine 1 bleibt auf seinen Maximalwert eingestellt, um einen minimalen Ständerstrom in der Ständerwicklung 4 zu realisieren, so daß die sich dort einstellenden Verluste minimiert sind.

Der Regelbereich III gemäß Figur 2 ist durch den Verlauf des Leistungsfaktor  $\cos \varphi$ , Bezugszeichen 15, sowie den Verlauf der Drehzahlachse 13 beschränkt. Wenn der Längsstrom in der elektrischen Maschine 1 einen Wert erreicht, bei dem der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  der elektrischen Maschine 1 den Wert  $\cos \varphi = -1$  erreicht hat, ist eine Änderung der Regelstruktur günstig. Der Regelbereich II der elektrischen Maschine 1 könnte zwar durchaus weiter zu höheren Drehzahlen durchfahren werden, jedoch wird ein besserer Wirkungsgrad dann erzielt, wenn der Erregerstrom der elektrischen Maschine 1,  $i_F$  reduziert wird.

Unter der Randbedingung einer konstanten Klemmenspannung an der elektrischen Maschine erreicht der Wirkungsgrad ein Maximum, wenn der Leistungsfaktor den Wert 1 (oder auch  $-1$ ) erreicht. Strom und Spannung sind dann in Phase und für den Fall konstanter Netzspannung (d. h. Dachspannung des Umrichters) ist der Strangstrom dann am geringsten und somit auch die sich dort einstellenden Verluste. Dieser Betriebszustand entspricht einer im Generatorbetrieb betriebenen elektrischen Maschine 1 mit einer nachgeordneten Diodenbrücke. Die Regelung der abgegebenen elektrischen Leistung 12 erfolgt über die Regelung des Erregerstromes 3. Die Randbedingung einer maximalen Klemmenspannung bei  $\cos \varphi = -1$  wird durch die Gleichrichterbrücke erfüllt.



Fig. 3 zeigt den Verlauf der Leistungskurven für elektrische Maschinen, mit unterschiedlicher Windungszahl  $w_1$  bzw.  $w_2$ , jeweils aufgetragen über den Drehzahlen von der Verbrennungskraftmaschine bzw. der im Generatorbetrieb betreibbaren elektrischen Maschine.

5

Auf der Drehzahlverläufe repräsentierenden Achse 13 sind zwei Drehzahlwerte 25.1, die einer ersten Einsetzdrehzahl im Diodenbetrieb einer elektrischen Maschine 1 mit einer Windungszahl  $w_1$  entspricht sowie eine zweite Einsetzdrehzahl 25.2 für eine zweite elektrische Maschine mit einer zweiten  
10 Drehzahl  $w_2$  eingetragen. Mit Bezugszeichen 20 ist eine Einsetzdrehzahl die für beide Generatorauslegungen (Windungszahl  $w_1$  und Windungszahl  $w_2$ ) mit einem Puls-Wechsel-Richter gilt, aufgetragen. Für die an einem Puls-Wechsel-Richter 6 betreibbaren beiden elektrischen Maschinen 1, die im Diagramm gemäß Fig. 3 mit unterschiedlichen Windungszahlen für die Ständerwicklung 4 einander  
15 gegenübergestellt sind, ergeben sich unterschiedliche Verläufe in der Abgabe 12 elektrischer Leistung.

In der Nähe des Ursprungs des aus den Achsen 12 und 13 bestehenden Koordinatensystems, nämlich bei 20, hat die Momentengerade 29 ihren Ursprung,  
20 die einen linearen Zusammenhang zwischen Drehzahl und abgegebener elektrischer Leistung wiedergibt. Die Momentengerade 29 verläuft für einen niedrigen Drehzahlbereich identisch zum Verlauf der Leistungsgrenze 14, welche bei höheren Drehzahlen als Asymptote verlaufend, vom Verlauf der Momentengerade 29 abweicht.

25

Der mit Bezugszeichen 23 bezeichnete Kurvenzug repräsentiert den Verlauf der Leistungsabgabe einer elektrischen Maschine 1 mit einer höheren Windungsanzahl  $w_1$ , während der in gestrichelter Darstellung wiedergegebene Kurvenzug 24 den Verlauf der Leistungsabgabe einer elektrischen Maschine 1 mit  
30 einer im Vergleich zu  $w_1$  niedrigeren Windungsanzahl  $w_2$  repräsentiert. Mit Bezugszeichen 22 ist der Verlauf der Leistungsabgabe einer elektrischen Maschine 1 im Diodenbetrieb dargestellt. Aus dem Verlauf der Kennlinie im

Diodenbetrieb der elektrischen Maschine 1 geht hervor, daß die Abgabe elektrischer Leistung im Bereich der Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine drastisch abnimmt, so daß der Einsatz eines solchen Kennlinie aufweisenden Generators im Kraftfahrzeug nicht möglich ist.

5

Demgegenüber ist aus dem Diagramm gemäß Fig. 3 entnehmbar, daß der Verlauf der Abgabe der elektrischen Leistung 12 gemäß des Kurvenzuges 23, welcher die Leistungsabgabe bei Betrieb einer elektrischen Maschine 1 mit einem Puls-Wechsel-Richter darstellt, auch im Leerlaufbereich bis nahe an den Ursprung des Diagramms bis zur Einsetzdrehzahl 20 die Zuordnung eines Puls-Wechsel-Richters zu einer elektrischen Maschine 1 eine ausreichende, dem Momentenverlauf 29 entsprechende Leistungsabgabe 12 einer elektrischen Maschine 1 gestattet. In diesem Bereich kann durch die Umrichterbrücke 6 die Abgabe der elektrischen Leistung unabhängig von der Windungsanzahl  $w_1$  bzw.  $w_2$ , d. h. unabhängig vom weiteren Verlauf der Kurvenzüge 23 bzw. 24, gehalten werden, die für größere Drehzahlen beträchtlich voneinander abweichen.

Für die gemäß der Darstellung in Fig. 3 dargestellten kleineren Drehzahlen, beispielsweise zwischen den Drehzahlen 20 und 25.2 muß der Puls-Wechsel-Richter 6 einen den Windungszahlen  $w_1$  bzw.  $w_2$  der Ständerwicklung 4 umgekehrt proportionalen Maschinenstrom verarbeiten können. Dies bedeutet, daß bei Ständerwicklungen 4 mit einer kleineren Windungsanzahl  $w_2$  ein größerer Puls-Wechsel-Richter 6 erforderlich ist. Die Nutdurchflutung der elektrischen Maschinen 1 ist bei beiden Wicklungen unterschiedlicher Wicklungszahlen  $w_1$  bzw.  $w_2$  identisch.

Aus der Gegenüberstellung der Leistungsgrenzen 23 bzw. 24 für elektrische Maschinen 1 mit unterschiedlichen Ständerwindungsanzahlen  $w_1$  bzw.  $w_2$  läßt sich folgendes entnehmen: Zum einen liegt die Einsetzdrehzahl einer elektrischen Maschine 1 im Generatorbetrieb mit einer niedrigen Ständerwindungsanzahl  $w_2$  am Diodengleichrichter 25.2 recht hoch, verglichen mit der Einsetzdrehzahl einer elektrischen Maschine für Generatorbetrieb mit einer Einsetzdrehzahl 25.1.

Andererseits ist die Leistungsabgabe  $P_{\max}$ , bezeichnet mit Bezugszeichen 26, für eine elektrische Maschine mit kleinerer Windungsanzahl  $w_2$  wesentlich höher als für eine elektrische Maschine 1, deren Ständerwicklung 4 eine höhere Windungsanzahl  $w_1$  aufweist. Die Leistungsabgabe 27  $P_{\max, w_1 < w_2}$  liegt für höhere  
5 Drehzahlen wesentlich geringer, verglichen mit dem Maximum 26  $P_{\max, w_2}$  einer elektrischen Maschine 1 mit einer Ständerwicklung 4 mit weniger Windungen  $w_2$ .

Im oberen Drehzahlbereich wird daher eine elektrische Maschine 1 im Generatorbetrieb mit kleinerer Ständerwindungsanzahl  $w_2$  hinsichtlich ihrer  
10 Leistungsfähigkeit nicht vollständig ausgenutzt. Sie muß nur den Leistungsbedarf des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges decken. Aufgrund der niedrigeren Windungsanzahl der Ständerwicklung 4 ist die Nutendurchflutung in einer solchen elektrischen Maschine 1 und somit die sich einstellenden Ständerkupferverluste deutlich geringer als bei einer elektrischen Maschine 1 mit  
15 einer Windungsanzahl  $w_1$ . Bei der elektrischen Maschine 1 mit einer geringeren Ständerwindungsanzahl stellt sich ein entsprechend größerer magnetischer Fluß ein. Dieser Fluß führt zu größeren Verlusten im Eisenbereich der elektrischen Maschine 1. Bei den heutigen Klauenpolmaschinen überwiegen jedoch die stromabhängigen Kupferverluste in der Ständerwicklung sowie die  
20 Oberwellenverluste in der Maschine die erwähnten Verluste aus dem magnetischen Grundwellenfeld.

Durch den Betrieb einer elektrischen Maschine 1 im Generatormodus kann durch Betrieb dieser elektrischen Maschine mit einem Puls-Wechsel-Richter 6 die  
25 Windungszahl der Ständerwicklung freier gewählt werden. Der Umrichter 6 in Gestalt eines Puls-Wechsel-Richters ermöglicht im unteren Drehzahlbereich immer die Leistungsabgabe 12 entlang der Momentengerade 29. Dies ist unabhängig von der jeweiligen gewählten Windungszahl  $w_1$  bzw.  $w_2$  der elektrischen Maschine 1. Es sind dann Ströme im Puls-Wechsel-Richter zu  
30 verarbeiten, die sich umgekehrt proportional zur Windungsanzahl verhalten.

Im oberen Drehzahlbereich, d. h. in einem Drehzahlbereich oberhalb der Einsetzdrehzahl 25.2 auf der Drehzahlachse 13 gemäß der Darstellung in Fig. 3 läßt sich durch eine kleinere Windungsanzahl  $w_2$  entweder die Leistungsabgabe 12 der elektrischen Maschine steigern oder aber ihr Wirkungsgrad erheblich 5 verbessern. Im oberen Drehzahlbereich ergeben sich bei Einsatz einer Ständerwicklung mit einer kleineren Windungsanzahl  $w_2$  entsprechend geringere Nutdurchflutungen. Vorausgesetzt, es ist dieselbe Nutfüllung wie bei einer elektrischen Maschine 1 mit einer größeren Windungsanzahl  $w_1$  gegeben, ergeben sich somit deutlich kleinere Verluste im Wicklungskupfer. Ferner reduzieren sich 10 die Eisenverluste, die durch die Nutdurchflutung verursacht werden. Damit läßt sich eine solche Art gestaltete Maschinenwicklung mit weniger Windungen auf minimale Gesamtverluste in einem Fahrzyklus dimensionieren. Eine Reduktion der Windungsanzahl an einer elektrischen Maschine 1, die im Generatormodus betrieben wird, führt demnach zu einem besseren Wirkungsgrad im 15 Gesamtsystem, wobei jedoch beachtlich ist, daß Feldeffekttransistoren stärker ausgelegt werden müssen, die sich jedoch durch eine stärkere Auslegung auch entsprechend leichter regeln lassen.

Bezugszeichenliste

	1	elektrische Maschine
	2	Erregerwicklung
5	3	Erregerstrom $i_F$
	4	Ständerwicklung
	5	Klemmenanschlüsse
	6	Umrichter
	7	Dioden
10	8	Schaltventile
	9	Kapazität
	10	Netzspannung
	11	Last
	12	abgegebene elektrische Leistung
15	13	Drehzahl
	14	Verlauf Leistungsgrenze
	15	Verlauf Leistungsfaktor für $\cos \varphi = 1$
	16	Spannungsgrenze
	17	Regelbereich I
20	18	Regelbereich II
	19	Regelbereich III
	20	Leerlaufdrehzahl
	21	Leistungskurve größere Windungsanzahl $w_1$
	22	Betrieb mit Diodenbrücke
25	23	Leistungsgrenze Umrichterbetrieb
	24	Leistungskurve kleinere Windungsanzahl $w_2$
	25.1	Einsetzdrehzahl $n_{w1}$
	25.2	Einsetzdrehzahl $n_{w2}$
	26	Maximalleistung bei $w_2$
30	27	Maximalleistung bei $w_1$
	28	Leistungsreserve
	29	Momentengerade

Patentansprüche

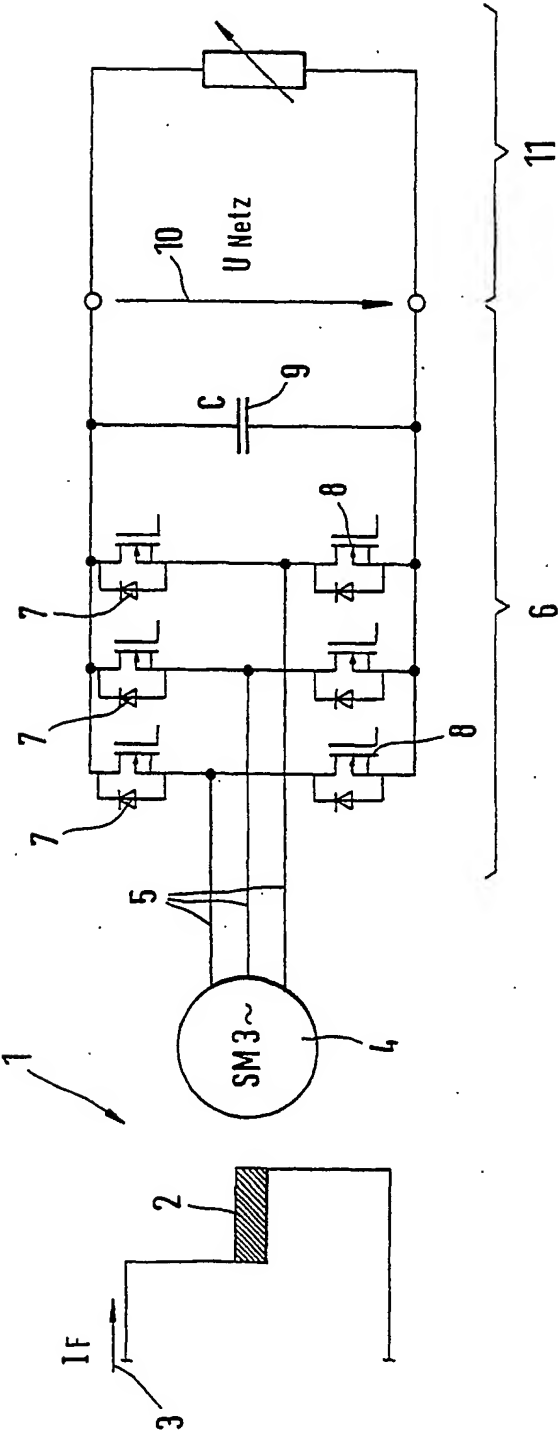
1. Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine (1) zur Abgabe  
5 elektrischer Leistung (12), eine Erregerwicklung (2) sowie eine  
Ständerwicklung (4) enthaltend, denen eine Umrichteranordnung (6)  
nachgeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich einer  
Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine die Abgabe  
10 elektrischer Leistung (12) entlang der Momentengerade (29) unabhängig  
von der Windungsanzahl  $w_1$ ,  $w_2$  erfolgt und im oberen Drehzahlbereich  
jenseits der Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine die Abgabe  
elektrischer Leistung (12) über eine elektrische Maschine (1) mit einer  
Ständerwicklung (4) mit kleiner Windungsanzahl  $w_2$  erfolgt.
- 15 2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels eines  
Puls-Wechsel-Richters (6) die Spannungsdifferenz zwischen Bordnetz (10)  
des Kraftfahrzeuges und den Maschinenklemmen (5) ausgeglichen wird.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Leerlauf-  
20 drehzahlbereich einer Verbrennungskraftmaschine die Leistungsabgabe (12)  
der elektrischen Maschine (1) über die Puls-Wechsel-Richter-Anordnung (6)  
erfolgt.
4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Puls-  
25 Wechsel-Richter (6) einen der Windungsanzahl der Ständerwicklung (4) der  
elektrischen Maschine (1) umgekehrt proportionalen Strom verarbeitet.
5. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgabe  
elektrischer Leistung (12) oberhalb des Leerlaufdrehzahlbereiches gemäß der  
30 Leistungskurve (24) einer elektrischen Maschine (1) mit kleiner  
Windungsanzahl  $w_2$  erfolgt.

6. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch den Betrieb der elektrischen Maschine (1) mit einem Puls-Wechsel-Richter (6) die Ständerwindungszahl unabhängig von der Einsetzdrehzahl (25.1, 25.2) gewählt werden kann.
- 5
7. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im unteren Drehzahlbereich die Abgabe elektrischer Leistung (12) bis fast zu seinem Maximalwert (27) gemäß der Momentengerade (29) über den Puls-Wechsel-Richter (6) erfolgt.
- 10
8. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Wirkungsgrad der elektrischen Maschine (1) dadurch erhöht wird, daß die elektrische Maschine (1) mit kleinerer Windungszahl  $w_2$  ausgestattet wird.





Fig.1





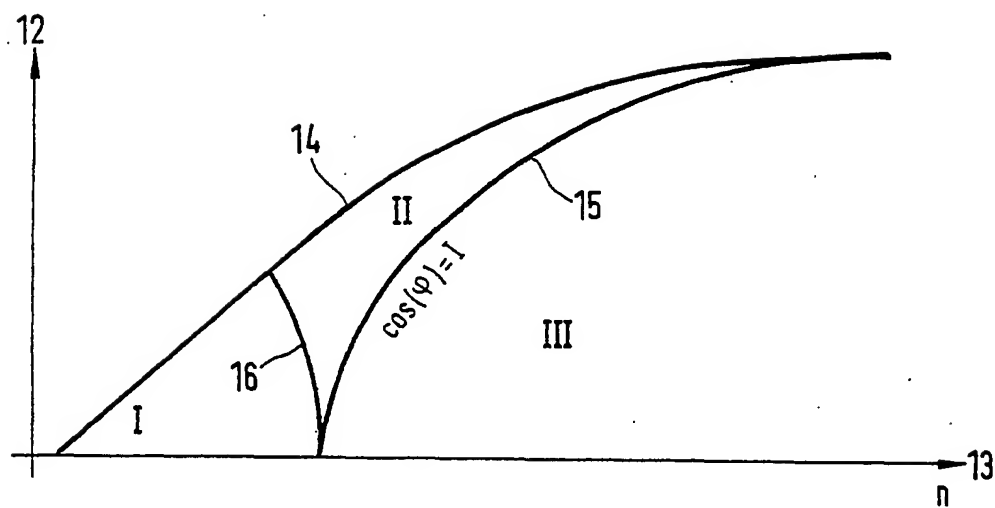


Fig. 2

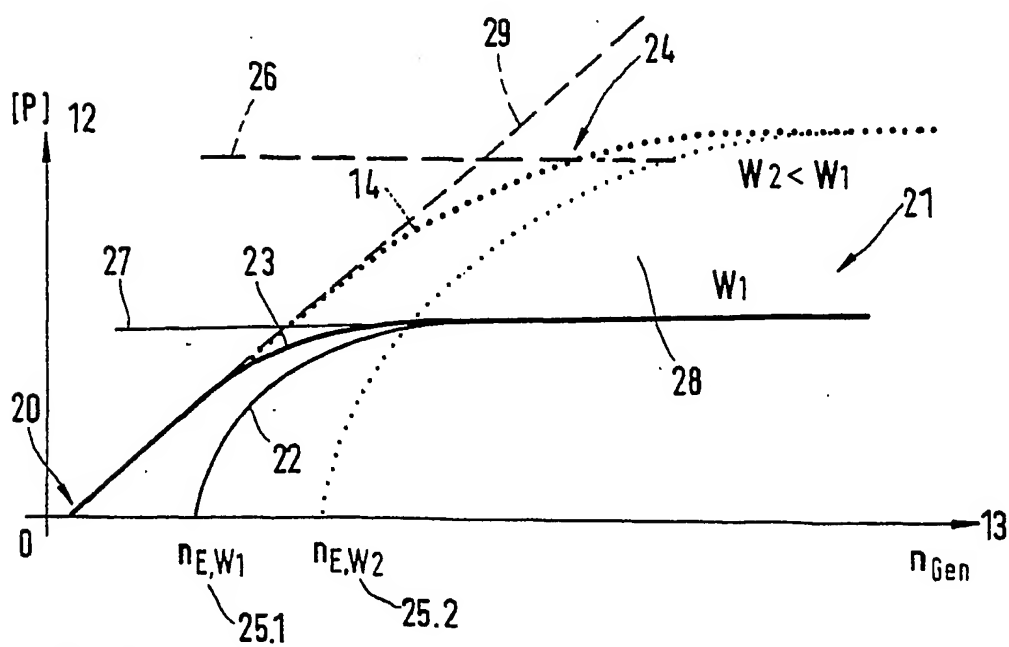


Fig. 3



## INTERNATIONAL SEARCH REP. I

International Application No

PC., JE 01/01764

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02P9/30 H02P9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 762 596 A (FORD WERKE AG ; FORD FRANCE (FR); FORD MOTOR CO (GB)) 12 March 1997 (1997-03-12) abstract column 1 claims 1,9,10 figures 6,9	1-8
Y	DE 22 31 576 A (BOSCH GMBH ROBERT) 17 January 1974 (1974-01-17) page 2 claims 1-4,7,8,10,11,13,15 figures 2A,3B,4B,5B,6A,6B -/-	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 August 2001

Date of mailing of the international search report

05/09/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vanata, D

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/DE 01/01764

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 062 (E-164), 15 March 1983 (1983-03-15) & JP 57 208849 A (MITSUBISHI DENKI KK), 22 December 1982 (1982-12-22) abstract ---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 02, 28 February 1997 (1997-02-28) & JP 08 280162 A (NIPPONDENSO CO LTD), 22 October 1996 (1996-10-22) abstract ---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 378 (E-1579), 15 July 1994 (1994-07-15) & JP 06 105512 A (NIPPONDENSO CO LTD), 15 April 1994 (1994-04-15) abstract ---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 549 (E-1443), 4 October 1993 (1993-10-04) & JP 05 153799 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 18 June 1993 (1993-06-18) abstract ---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 01, 28 February 1995 (1995-02-28) & JP 06 292329 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 18 October 1994 (1994-10-18) abstract ---	
A	JP 62 007340 A (NISSAN MOTOR) 14 January 1987 (1987-01-14) -----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/DE 01/01764

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0762596 A	12-03-1997	US 5648705 A DE 69600615 D DE 69600615 T US 5793167 A	15-07-1997 15-10-1998 28-01-1999 11-08-1998
DE 2231576 A	17-01-1974	ES 416357 A FR 2191351 A JP 49051516 A JP 53000810 B	16-02-1976 01-02-1974 18-05-1974 12-01-1978
JP 57208849 A	22-12-1982	NONE	
JP 08280162 A	22-10-1996	NONE	
JP 06105512 A	15-04-1994	NONE	
JP 05153799 A	18-06-1993	NONE	
JP 06292329 A	18-10-1994	NONE	
JP 62007340 A	14-01-1987	NONE	

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC./DE 01/01764

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H02P9/30 H02P9/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 762 596 A (FORD WERKE AG ; FORD FRANCE (FR); FORD MOTOR CO (GB)) 12. März 1997 (1997-03-12) Zusammenfassung Spalte 1 Ansprüche 1,9,10 Abbildungen 6,9	1-8
Y	DE 22 31 576 A (BOSCH GMBH ROBERT) 17. Januar 1974 (1974-01-17) Seite 2 Ansprüche 1-4,7,8,10,11,13,15 Abbildungen 2A,3B,4B,5B,6A,6B -/-	1-8

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. August 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/09/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Vanata, D



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Ini      sales Aktenzeichen  
PCT/DE 01/01764

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 062 (E-164), 15. März 1983 (1983-03-15) & JP 57 208849 A (MITSUBISHI DENKI KK), 22. Dezember 1982 (1982-12-22) Zusammenfassung ---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 02, 28. Februar 1997 (1997-02-28) & JP 08 280162 A (NIPPONDENSO CO LTD), 22. Oktober 1996 (1996-10-22) Zusammenfassung ---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 378 (E-1579), 15. Juli 1994 (1994-07-15) & JP 06 105512 A (NIPPONDENSO CO LTD), 15. April 1994 (1994-04-15) Zusammenfassung ---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 549 (E-1443), 4. Oktober 1993 (1993-10-04) & JP 05 153799 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 18. Juni 1993 (1993-06-18) Zusammenfassung ---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 01, 28. Februar 1995 (1995-02-28) & JP 06 292329 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 18. Oktober 1994 (1994-10-18) Zusammenfassung ---	
A	JP 62 007340 A (NISSAN MOTOR) 14. Januar 1987 (1987-01-14) -----	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlicht

die zur selben Patentfamilie gehören

Inter. Aktenzeichen

Publ. DE 01/01764

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0762596 A	12-03-1997	US 5648705 A DE 69600615 D DE 69600615 T US 5793167 A	15-07-1997 15-10-1998 28-01-1999 11-08-1998
DE 2231576 A	17-01-1974	ES 416357 A FR 2191351 A JP 49051516 A JP 53000810 B	16-02-1976 01-02-1974 18-05-1974 12-01-1978
JP 57208849 A	22-12-1982	KEINE	
JP 08280162 A	22-10-1996	KEINE	
JP 06105512 A	15-04-1994	KEINE	
JP 05153799 A	18-06-1993	KEINE	
JP 06292329 A	18-10-1994	KEINE	
JP 62007340 A	14-01-1987	KEINE	